

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Termosolární soustava pro rodinný dům

Thermosolar System for a Family House

Student: Michaela Frömlová

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.

Ostrava 2016

Zadání bakalářské práce

Student: **Michaela Frömlová**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí
Téma: Termosolární soustava pro rodinný dům
Thermosolar System for a Family House
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhnete termosolární soustavu pro ohřev vody v rodinném domě obývaném celoročně 4 osobami s možností ohřevu venkovního bazénu. Práce bude obsahovat:

1. Rešerši na téma využití sluneční energie pro produkci tepla.
2. Návrh soustavy, způsobu provozování, dispoziční řešení.
3. Stanovení měsíčních a ročních zisků.
4. Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska.
5. Grafickou část - schéma zapojení.

Seznam doporučené odborné literatury:

KAMINSKÝ, J.; VRTEK, M. *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TU Ostrava, 1998. 102 s. ISBN 80–7078–445–8.
CIHELKA, J. *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. 203 s. ISBN 80–900759–5–9.
TURNER, W. C. *Energy Management Handbook*. 3. vyd. Lilburn: The Fairmont Press, Inc., 1997. 400 s. ISBN 0–13–728098–X.
HALAHYJA, M.; VALÁŠEK, J. a kol. *Solárna energia a jej využitie*. Bratislava: ALFA, 1983. 304 s.
MATUŠKA, T. *Solární tepelné soustavy*. Praha: Společnost pro techniku prostředí, 2009. 194 s. ISBN 978-80-02-02186-5.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2015

Datum odevzdání: 16.05.2016


prof. Ing. Dagmar Juchelková, Ph.D.
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- Jsem byla seznámena s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- Souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- Beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě

.....

Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Michaela Frömllová

Adresa trvalého pobytu autora:

Anenská 19, Nový Jičín 741 01

Poděkování

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce panu
doc. Ing. Mojmíru Vrtekovi, Ph.D., za cenné odborné rady, vstřícnost a ochotu mi pomoci.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Tato práce je o návrhu termosolární soustavy pro ohřev pitné vody pro modelový rodinný dům. V teoretické části jsou popsány všechny součásti, které jsou nezbytné k funkci solární soustavy. V praktické části se zabývám množstvím tepla potřebného k ohřátí pitné vody. Dále uvádím měsíce, kdy dodané teplo z kolektoru nebude dostatečné a voda bude muset být dohřívána plynovým kotlem.

ANNOTATION OF BACHELOR WORK

This labour is about the design solar thermal system for domestic hot water for our family house. The theoretical part describes all components that are necessary for the function of the solar system. Practical part is concerned amount of heat energy needed to heat drinking water. Later are the months when the heat is supplied from the collector is not sufficient, and the water will have to be reheated by gas boiler.

Obsah

1	Úvod.....	9
1.1	Cíl práce	9
2	Slunce základní zdroj energie pro Zemi	10
3	Solární systém.....	12
3.1.1	Solární kolektory.....	13
3.1.2	Kritéria rozdělení solárních kolektorů	13
3.2	Princip kolektoru.....	15
3.3	Solární zásobníky	16
3.3.1	Uchování tepla v solárním zásobníku	16
3.3.2	Problémy tepelného zásobníku	18
3.3.3	Solární zásobníky na českém trhu	18
3.4	Regulační zařízení pro solární systémy.....	19
3.5	Další součástí solárního systému	20
3.6	Umístění, orientace a sklon slunečních panelů	20
3.7	Výhody a nevýhody solárních kolektorů	20
4	Technické parametry kolektoru	21
4.1	Zkoušky spolehlivosti kolektoru	21
4.2	Účinnost solárního kolektoru	24
5	Návrh soustavy, způsob porovnání a dispoziční řešení	25
5.1	Dispoziční řešení.....	25
5.2	Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TV	25
5.3	Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace.....	26
5.3.1	Skutečné sluneční záření.....	27
5.4	Volba typu kolektoru, rovnice účinností charakteristiky pro vybranou vztažnou plochu, výpočet stagnační teploty.....	28
5.4.1	Technické parametry kolektoru KPG1	28
5.5	Stanovení průměrné účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících	29

5.5.1	Intenzita slunečního záření	29
5.5.2	Rovnice účinností charakteristiky	29
5.6	Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru	30
5.7	Návrh počtu m^2 kolektorové plochy	31
5.7.1	Potřebná plocha kolektoru	31
5.7.2	Počet kolektorů	31
5.7.3	Přepočet počtů m^2 kolektorové plochy	32
5.8	Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce (přebytky a nedostatky)	32
5.9	Stanovení maximálního celoročního zisku solární soustavy (uvažováno i s přebytky v letních měsících)	33
5.10	Stanovení skutečného celoročního energetického zisku solární soustavy. Velikost solárního pokrytí celoroční potřeby tepla.....	33
5.10.1	Celoroční energetický zisk solárního systému.....	33
5.10.2	Velikost pokrytí celoroční potřeby tepla	34
5.11	Výpočet měrného celoročního tepelného zisku solární soustavy, maximálního a skutečného, vztaženého na $1 m^2$ plochy aparatury v $kWh.m^{-2}$	34
5.11.1	Maximální měrný celoroční energetický zisk.....	34
5.11.2	Maximální měrný skutečný celoroční energetický zisk	34
6	Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska	36
6.1	Environmentální hledisko	37
7	Závěr	41
8	Seznam literatury	42
	Seznam rovnic.....	44
	Seznam příloh	44

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Značka	Význam	Jednotka
a_1	lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}]$
a_2	kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru	$[W \cdot m^{-2} \cdot K^{-2}]$
c	cena za elektrickou energii	$[Kč \cdot kWh^{-1}]$
c_p	měrná tepelná kapacita vody	$[J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}]$
f	celoroční potřeba tepla	$[%]$
l	délka	$[mm]$
m_{kol}	hmotnost kolektoru	$[kg]$
n	počet kolektoru	$[ks]$
p	cena plynu za 1 MWh	$[Kč]$
q_{max}	maximální měrný celoroční zisk	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$q_{skut,max}$	maximální měrný skutečný celoroční zisk	$[kWh \cdot m^{-2}]$
t_e	venkovní teplota	$[^{\circ}C]$
t_s	stagnační teplota	$[^{\circ}C]$
v	výška	$[mm]$
z	ztráty	$[%]$
A_{el}	množství energie na výrobu 60 kWh	$[GJ]$
$I_{M,IV}$	intenzita slunečního záření	$[kW \cdot m^{-2}]$
M_{TI}	množství tuhých znečišťujících látek	$[kg]$
$Q_{TV,den}$	množství teple vody za den	$[kWh \cdot den^{-1}]$
$Q_{K,IV}$	měrný tepelný zisk kolektoru (pro duben)	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$Q_{m,měsíc}$	energetická bilance	$[kWh]$
$Q_{S,den,skut}$	skutečná energie dopadající za den na plochu	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$Q_{S,den,teor}$	teoretický možná energie dopadající za den na plochu	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$Q_{S,měsíc,skut}$	skutečná energie dopadající za měsíc na plochu	$[kWh \cdot m^{-2}]$
$Q_{TV,den,teoret}$	teoretická denní spotřeba tepla	$[Wh \cdot den^{-1}]$
$Q_{TV,měsíc}$	množství teple vody za měsíc	$[kWh \cdot měsíc^{-2}]$
Q_{el}	spotřeba elektřiny za rok	$[kWh]$
Q_{max}	maximální celoroční zisk	$[kWh]$
Q_{mIV}	energetická bilance	$[kWh]$
$Q_{nedostatky}$	nedostatky tepla za rok	$[MWh]$
Q_{skut}	celoroční zisk solárního systému	$[kWh]$
Q_{spot}	cena za provoz čerpadla za rok	$[Kč.]$
S_a	plocha absorberu	$[m^2]$
S	plocha kolektoru	$[m^2]$
$T_{1,2}$	teplota vody	$[K]$
TL	emisní faktor pro tuhé znečišťující látky	$[kg \cdot GJ^{-1}]$
η	účinnost solárního kolektoru	$[-]$
η_0	optická účinnost	$[-]$
η_{IV}	účinnostní charakteristika (pro duben)	$[-]$

τ_{teor}	teoretická doba slunečního svitu	[h]
τ_{skut}	měrná doba slunečního svitu	[h]

1 Úvod

Na území České republiky je několik možností jak ohřívat vodu. Elektřinou, plynem, termosolární soustavou nebo teplárnou. V této bakalářské práci se budu zabývat ohřevem vody pomocí termosolární soustavy, konkrétně pro modelový rodinný dům. V dnešní době máme bohatý výběr kolektorů z několika typů. Totéž platí pro všechny prvky solární soustavy. Základní údaje pro návrh solárního systému jsou následující. Modelový rodinný dům se nachází v obci Suchdol nad Odrou. Část střechy pro usazení panelů směřuje na jihozápad. Obývá jej čtyřčlenná rodina a každý její člen denně spotřebuje okolo 50 l vody. Tyto údaje slouží k zpracování návrhu solárního systému.

1.1 Cíl práce

- Navrhnout termosolární soustavu pro modelový rodinný dům
- Zjistit, kolik tepla získáme za každý měsíc
- Porovnat navrhnutou soustavu z ekonomického a environmentálního hlediska

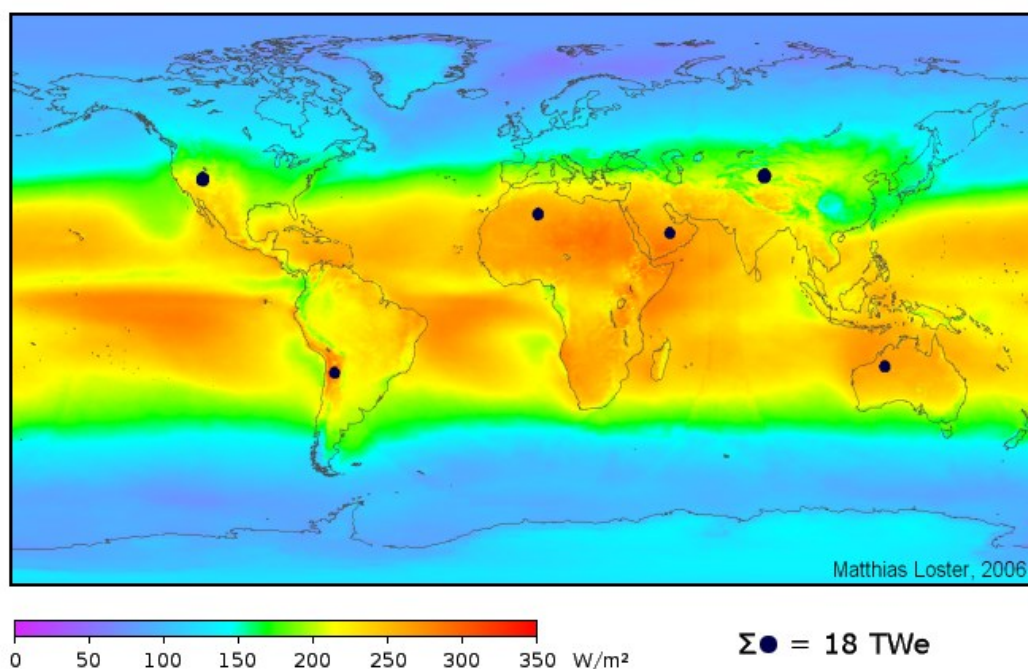
2 Slunce základní zdroj energie pro Zemi

Slunce je vesmírné těleso, které se nachází v centru naší sluneční soustavy. Průměr Země je oproti průměru Slunce 109 krát menší. Další charakteristické rozměry Slunce uvádím v tabulce 2.1. [1]

Tabulka 2.1 charakteristické rozměry Slunce

název	jednotka	velikost
průměr	km	1 392 020
hmotnost	kg	$1,991 \cdot 10^{30}$
povrchová teplota	K	5 900
teplota jádra	MK	15,7

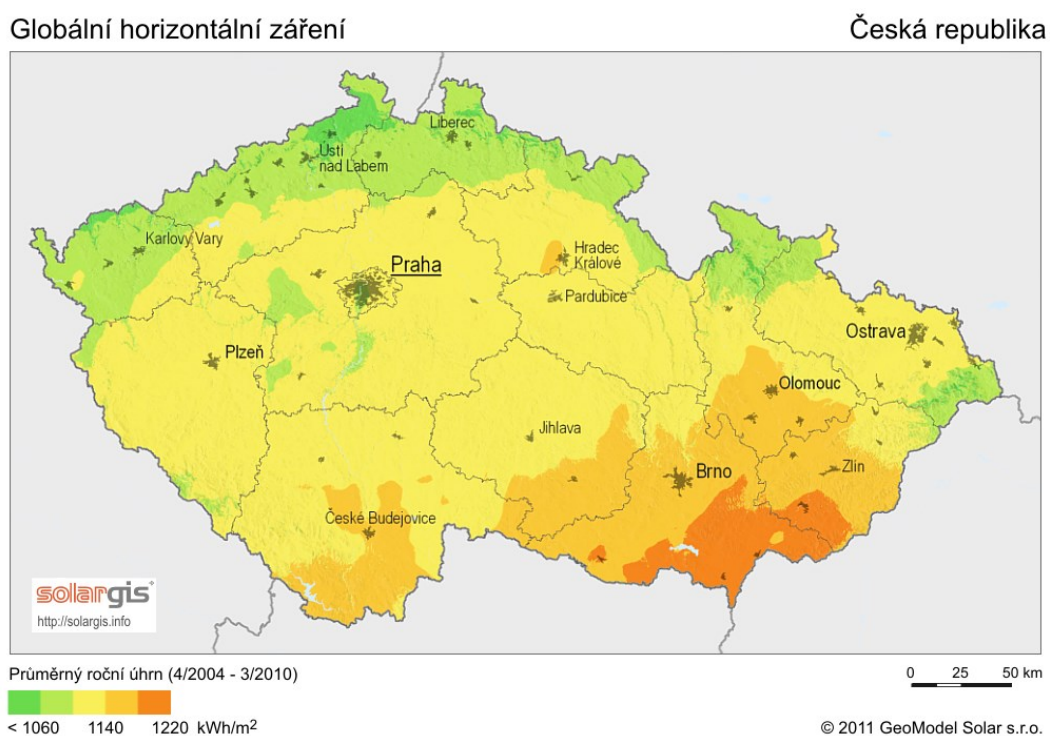
Jaderná fúze je primární reakcí ve Slunci a je základním zdrojem slunečního záření. Dochází zde ke spojování jader vodíku za vzniku helia. Za jednu sekundu se ve Slunci přemění 600 milionů tun vodíku na helium. Energie ze Slunce je na Zemi a jiné planety přenášena ve formě elektromagnetického záření. Na povrch Země dopadá přibližný zářivý výkon 180 000 TW. Díky existenci atmosféry se jeho část odrazí a část pohltí, zbytek cca 1 kW dorazí za jasného počasí až k zemskému povrchu. V případě zatažené oblohy dorazí jen desítky wattů. [2]



Obrázek 2.1 intenzita slunečního záření

Celkové sluneční záření, které dopadne na zemský povrch, nazýváme globálním zářením. Zahrnuje všechny vlnové délky ze všech směrů. Z praktického hlediska rozlišujeme záření přímé a difuzní. [2]

Přímé sluneční záření pozorujeme při nezatažené obloze a dá se koncentrovat např. zrcadly. Difuzní neboli nepřímé záření vzniká při rozptýlení přímého záření mraky v atmosféře. Na Zem přichází ze všech směrů. [2]



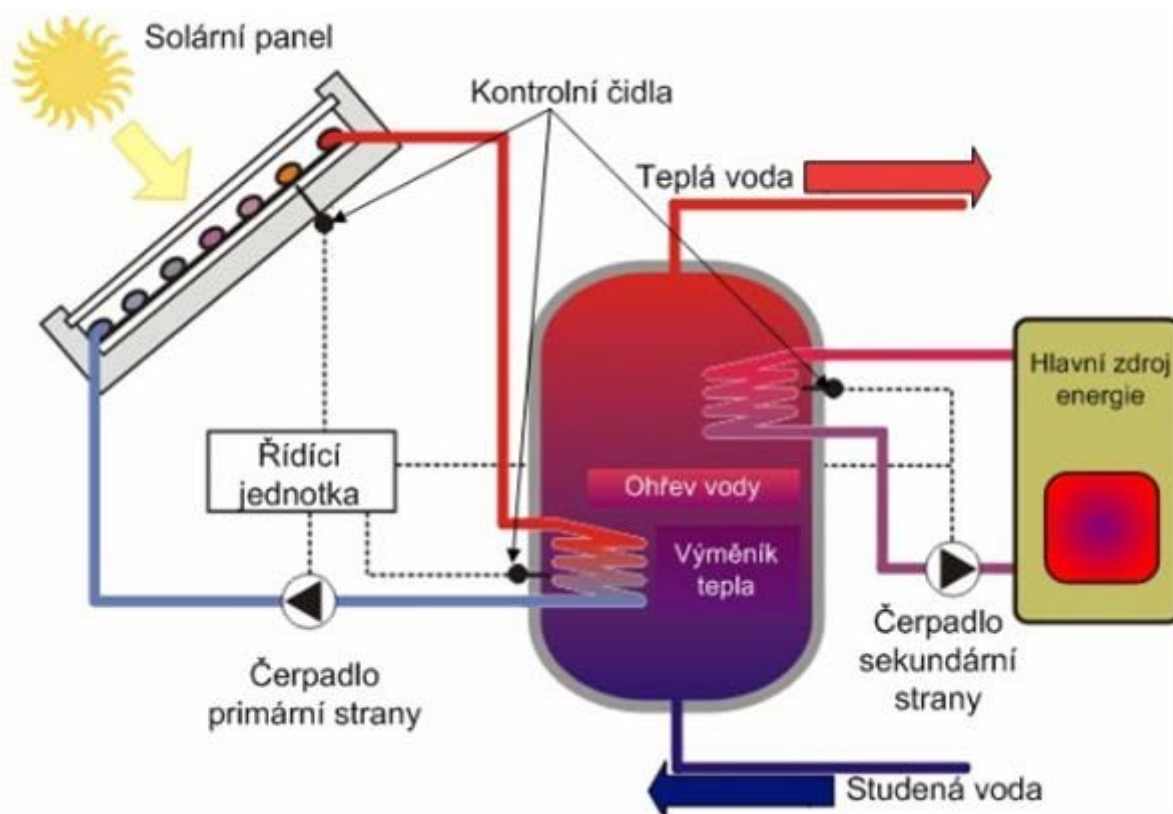
Obrázek 2.2 sluneční záření v ČR

Část sluneční energie, která dopadne na Zem, se vyzáří zpět do vesmíru ve formě krátkovlnného a dlouhovlnného (tepelného) záření. [2]

3 Solární systém

Solární systém se skládá ze tří hlavních okruhů. Prvním je **kolektorový okruh**, druhým **okruh solárního zásobníku** a třetím **odběrový okruh**.

Všechny solární kolektory jsou založené na obdobném principu. Kolektory pohlcují sluneční paprsky. Velmi důležitou součástí jsou absorbéry, které pohltní velké množství slunečních paprsků a transformují je na teplo. Teplo se následně předá teplonosnému médiu. Teplonosná média jsou oleje, nemrznoucí kapalina nebo vzduch. Teplonosné médium ohřeje vodu v tepelném zásobníku. Ohřátá voda se uchová na dobu, dokud se nebude spotřebovávat. [3]



Obrázek 3.1 solární systém

3.1.1 Solární kolektory

Solární kolektory jsou zařízení, které přeměňují sluneční energii na tepelnou energii. Dopadající paprsky na kolektor se shromáždí, pohltní a přemění na teplo. [3]

3.1.2 Kritéria rozdělení solárních kolektorů

- **Podle teplonosné látky** - kapalinové, vzduchové
- **Podle zasklení** - bez zasklení, jednoduché, vícevrstvé, struktura
- **Podle konstrukce** - ploché, trubkové, koncentrační
- **Podle tlaku výplně** - atmosférický, subatmosférický
- **Podle absorbéru** - plastový, kovový – neselektivní, kovový – selektivní, akumulační

Plochý nekrytý kolektor

Jedná se o nezasklenou plastovou rohož s velkými tepelnými ztrátami. Je závislá na klimatických podmínkách, zejména na rychlosti větru. Z toho důvodu je tento typ kolektoru využíván pro ohřev vody v bazénu. [4]



Obrázek 3.2 bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření

Plochý neselektivní kolektor

Jedná se o deskový kolektor, který je zasklený a má kovový absorbér, natřený černým pohlcujícím nátěrem. Patří mezi neselektivní kolektor a díky vysokým tepelným ztrátám se využívá jen v létě pro předehřev vody. [4]

Plochý selektivní kolektor

Je deskový kolektor zasklený a má kovový absorbér se spektrálně selektivním povlakem. Je opatřen tepelnou izolací z obou stran kolektorové skříně. Díky výrazným snížením ztrát tepla se plochý selektivní kolektor využívá jak v zimě, tak i v létě. Ohřívá vodu a vytápí velké prostory. [4]

Plochý vakuový kolektor

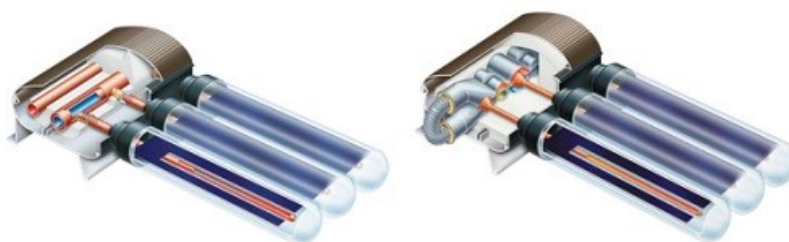
Je deskový kolektor zasklený, utěsněný s kovovým absorbérem se spektrálně selektivním povlakem. Tlak uvnitř vakuového kolektoru je menší než atmosférický tlak, absolutní tlak je okolo 1 – 10 kPa pro zajištění malé celkové tepelné ztráty. Vakuové kolektory se dají využívat po celý rok pro ohřev vody a vytápění. [4]



Obrázek 3.3 atmosférický a plochý vakuový kolektor

Trubkový jednostěnný vakuový kolektor

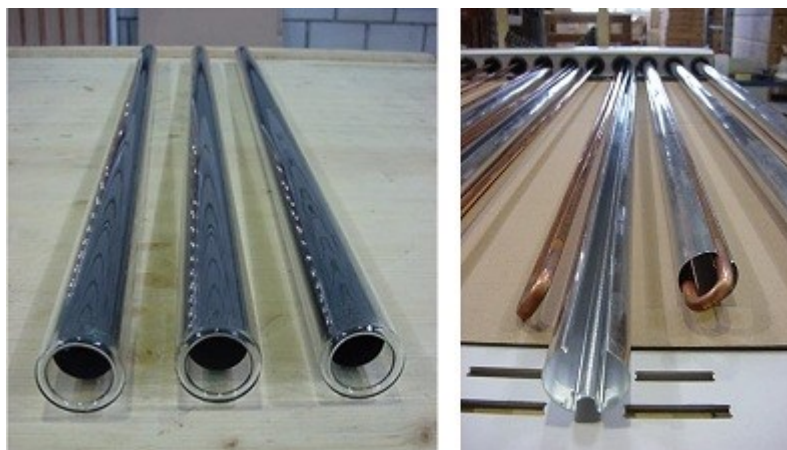
Ve vakuové skleněné trubici je umístěn plochý spektrálně selektivní absorbér. Absolutní tlak je menší než 10^{-3} Pa pro zajištění malé celkové tepelné ztráty. Má výrazně nízké tepelné ztráty vzhledem k vakuovému utěsnění. Nevýhoda tohoto kolektoru je vysoká pořizovací cena. [4]



Obrázek 3.4 řez jednostěnným vakuovým kolektorem

Trubkový dvojstěnný vakuový kolektor

Ve vakuové skleněné trubici je umístěn válcový spektrálně selektivní absorbér. Absolutní tlak je menší než 10^{-3} Pa. Jeho nevýhodou je problematické přenesení tepla z absorpční trubky do teplotnosné kapaliny a to má za důsledek menší účinnost při nízkých teplotách. [4]



Obrázek 3.5 trubkový dvojstěnný vakuový kolektor

3.2 Princip kolektoru

V České republice se nejčastěji využívají kolektory s kapalinovou teplotnosnou látkou (nemrznoucí směs vody a propylenglykolu). Méně časté jsou vzduchové kolektory.

Nejběžnější typ kolektoru je **plochý kapalinový kolektor**. Ten se skládá z absorberu, skříně, izolace a krycího skla. [5]

Absorbér

Jako materiál na výrobu absorberu se používá měděný nebo hliníkový plech. Strana plechu, která je vystavená Slunci, prochází povrchovou úpravou v závislosti na celoročním nebo letním používání. Pro letní používání vystačí nátěr matnou černou barvou. Při celoročním používání se absorber natírá selektivním spektrálním nátěrem (ten pohltí 96% záření a to jak přímé tak i rozptýlené záření). [5]

Skříň

Slouží k uchycení kolektoru a k chránění jednotlivých prvků kolektorů. Mezi materiály pro výrobu skříně patří plast, dřevo nebo kov. [5]

Izolace

Zabezpečuje, aby teplo z absorberu neunikalo stěnami skříně. Jako materiál pro výrobu izolace se používá minerální vlna nebo polyuretan. Musí být odolný teplotám do 200°C a z okolního prostředí nesmí přijímat vlhkost. [5]

Krycí sklo

Přes krycí sklo sluneční paprsky velmi snadno projdou a následně se v absorberu mění na teplo. Sklo nepropustí ven záření s dlouhou vlnovou délkou. Díky skleníkovému efektu, který vzniká uvnitř kolektoru, se také zvyšuje teplota proudící kapaliny. [5]

3.3 Solární zásobníky

Další nedílnou součástí solárního systému je solární zásobník. Solární zásobník má velký vliv na účinnost solárního systému. Kolektory ohřejí teplotnosné médium, které je následně odváděno do výměníku tepla, uvnitř zásobníku, který následně toto teplo odevzdá pitné vodě. Tato voda je v zásobníku uchována, až do doby, kdy ji budeme spotřebovávat. [6]

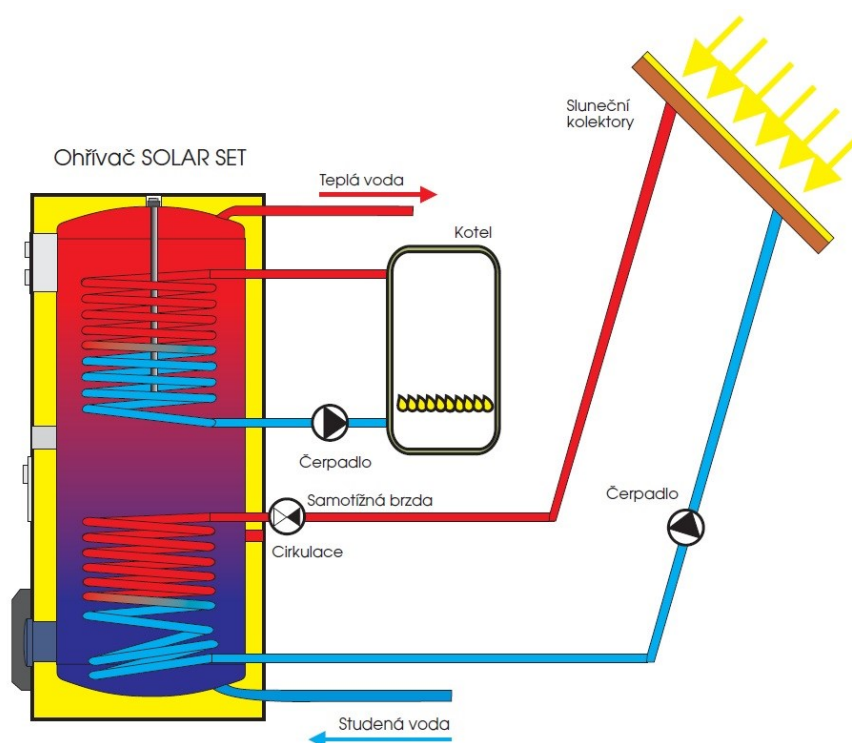
3.3.1 Uchování tepla v solárním zásobníku

1. Teplo můžeme uchovat jako takové

- Výhodou takového zásobníku je jeho jednoduchost, naopak jeho značnou nevýhodou jsou velké tepelné ztráty. U této akumulace používáme tzv. citelné teplo. Je to nejvyšší teplota, na kterou můžeme ohřát nějakou látku (tuhou, kapalnou), aby nedošlo ke změně skupenství. Nejčastěji jde o vodu, díky jejímu měrnému teplu.
- Lze využít i výparné teplo pro vypaření kapaliny. Výparné teplo je větší než skupenské teplo tání. Velká komplikace je objem páry. Objem páry je podstatně větší než objem kapaliny. Z praktického hlediska je tento způsob neefektivní. [6]

2. Teplo můžeme přeměnit na jinou formu energie a následně ji akumulovat

- Využitím desorpce (vysoušení) vhodné hygroskopické látky. Používáme zeolit nebo silikagel. Při této metodě nedochází k žádným tepelným ztrátám. Princip desorpce je nabití a vybití zásobníku. Při nabíjení zásobníku teplo je spotřebované k uvolnění molekul vody, které jsou navázané na zeolit. Při vybíjení se uvolňuje sorpční teplo a vodní pára se zachycuje na zeolit.
- Využitím reversibilní (vratné) chemické reakce. Příkladem může být tepelný rozklad MgH_2 , při kterém se spotřebuje okolo $3000 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. [6]



Obrázek 3.6 solární zásobník

Pro celoroční provoz solárního systému v našich klimatických podmínkách, je nutno jako teponosné médium používat nemrznoucí směs. Do zásobníku se teplo předává pomocí tepelného výměníku. V zásobníku se pitná voda ohřívá přímo. Zásobník musí odolávat tlaku vodovodního řádu a to 6 atmosfér. Pokud máme větší zásobník, tak by mohly nastat potíže s vysokým tlakem. [6]

Stratifikace neboli rozvrstvení

Jedná se o jev, kdy chladnější voda v zásobníku se nepromísí s teplejší vodou a vytlačuje ji z důvodu rozdílu měrných hmotností. Například: Pokud máme 400 l zásobník a denně vyčerpáme 100 l vody o teplotě 60°C. Odčerpaná voda je nahrazena chladnější vodou. Při dokonalé stratifikaci se voda nepromísí. Teplá voda vydrží v zásobníku až 4 dny i při zatažené obloze. Pokud dojde při odběru vody ze zásobníku k promísení, teplota již ohřáté vody klesne a teplá voda se může spotřebovat již v druhém dni. Pro tuto situaci, kdy je obloha zatažena se používá dohřívání teplé vody kotlem. [6]

3.3.2 Problémy tepelného zásobníku

Vodní kámen

Je usazenina vytvořena uhličitánem vápenatým a sířičitanem vápenatým obsaženým ve vodě. Tyto látky se postupem času shromažďují a vzniká silný nános, který snižuje přestup tepla a tím se snižuje výkon. Riziko vodního kamene je zvýšené hlavně tam, kde se používá tvrdá voda (studny). Tvorba vodního kamene by se neměla podceňovat. Měly by být prováděny kontroly na přítomnost vodního kamene. Možné je si zajistit rozbor na tvrdost vody. [6]

Koroze

Přítomnost koroze je možné omezit výrobou nerezových zásobníků nebo ocelových smaltovaných zásobníků.

3.3.3 Solární zásobníky na českém trhu

Solární zásobník od výrobce Družstevní závody Dražice-strojárna s.r.o. Tento výrobce má bohatou nabídku na trhu od klasického zásobníku přes akumulární nádrže. Objemy zásobníků se pohybují od 500 do 1000 l. Ceny se pohybují okolo 5 000 až 60 000 Kč.

Ohřívače vody Hurt Tato firma svým zákazníkům nabízí spoustu druhů zásobníků vyráběných na zakázku. Objemy zásobníků jsou od 250 do 6000 litrů. Mají obrovský sortiment velkoobjemových zásobníků. Ohřívače typu SKL. Jedná se o firmu s názvem Solarpower. V nabídce jsou jak akumulární nádrže, tak zásobníky se solární instalační jednotkou v tepelně izolovaném pouzdře.

3.4 Regulační zařízení pro solární systémy

Jedná se o zařízení, jehož součástí jsou dvě teplotní čidla (odporové teploměry). Jedno čidlo je umístěno na výstupu z kolektoru a druhé v solárním zásobníku. Regulační zařízení má za úkol zapnout čerpadlo v případě, že čidlo na výstupu z kolektoru naměří vyšší teplotu než čidlo na spodní části solárního zásobníku. Aby nedocházelo k častému zapínání a vypínání čerpadla, musí být teplotní rozdíl minimálně 2 °C. Další funkce regulátoru jsou jistící. Pokud v noci dojde ke zvýšení teploty v zásobníku, regulátor spustí čerpadlo a voda se ochladí přes kolektory. Pokud máme složitější regulační systém, je dobré si ho propojit s počítačem. Bude se snadněji ovládat. Můžeme si dokonce zařídit tak zvaný inteligentní dům. Řídící zařízení si najde optimální způsob jak výhodně čerpat teplo ze všech zdrojů a zásobovat všechny spotřebiče na nastavené priority. [6]



Obrázek 3.7 regulační zařízení

3.5 Další součástí solárního systému

Vedle všech zmíněných základních součástí solárního systému (kolektory, zásobníku a regulátoru) existují další nezbytné prvky.

Potrubí od kolektoru do zásobníku

Toto potrubí se vyrábí hlavně z mědi, a to z důvodu, že trubky absorbéru jsou vyráběny ze stejného materiálu. Pokud by se použil jiný kov, zvyšuje se riziko koroze.

Čerpadla

U spousty solárních systémů se používá klasické čerpadlo. Dále je možno si zakoupit čerpadlo s elektrickým řízením otáček, které umožňuje lepší přizpůsobení průtoku vody.

Klapky

Ventily

Průtokoměry

Tyto prvky nejsou povinné, ale přesto se doporučují. Pokud jsou propojeny s vhodným regulátorem, dokáží měřit množství tepla získaného solárním systémem.

3.6 Umístění, orientace a sklon slunečních panelů

Solární panely lze umístit prakticky kdekoliv. Podmínkou však je, že slunečnímu záření dopadajícímu na solární panely nesmí bránit okolní stavby (komíny, vikýře, hromosvody) nebo přírodní překážky (stromy). Můžeme je umístit na šikmé střechy rodinných domů, fasády, výklenky, balkóny nebo stojany na šikmé ploše. [5]

Důležitá je také orientace slunečních panelů. Ideálně na jih. V České republice je ideální orientace 1° na jihozápad. Maximální odchylka nemající vliv na výkon kolektoru je 15° až 20° ve směru na východ či západ. [7]

Vhodný sklon kolektorů je v rozpětí 30° až 60°. V letním období volíme menší úhel z důvodu zvýšení výkonů. Naopak v zimních měsících zvětšujeme úhel z důvodu výkonu. V zimním období však dopadne na kolektor méně než 1/3 celoročního přísunu slunečního záření. [7]

3.7 Výhody a nevýhody solárních kolektorů

- + Jedná se o obnovitelné zdroje. Z hlediska potřeb lidské civilizace jsou stále k dispozici.
- + Neprodukují škodlivé odpady, ani neovlivňují teplotní změnu Země.
- + Jejich používání má minimální dopady na životní prostředí.
- + Solární kolektory jsou technicky jednoduché, robustní a mají dlouhou životnost.

- + K jejich montáži a výstavbě nemusí být stavební povolení.
- + Významnou výhodou oproti vodním a větrným elektrárnám je skutečnost, že se dají instalovat i ve velkých městech.
- Solární systémy musí být dostatečně velké a dále musí mít druhý zdroj z důvodu nedostatečného slunečního svitu.
- Instalace na střechy domů vyžadují technické úpravy.
- Zatím není možné využít 100% energii ze slunečních paprsků.
- Návratnost investice se počítá na několik let. [8]

4 Technické parametry kolektoru

Pro určení výkonů solárních kolektorů je nezbytné znát základní technické parametry. Získáváme je standardizovanými zkouškami (zkoušky spolehlivosti a zkoušky tepelného výkonu). [9]

4.1 Zkoušky spolehlivosti kolektoru

Vnitřní přetlak v absorbérů

Tato zkouška zjišťuje odolnost vůči provozním tlakům absorbérů v solárních kolektorech. Zkouška se provádí při teplotě okolí v případě anorganických absorbérů v rozsahu 5 °C – 30 °C, pro organické absorbéry musí být teplota vyšší. Při zkouškách musí být tlak anorganického absorbérů 1,5x vyšší, než je pracovní tlak, který uvádí výrobce. Jakmile se dosáhne tohoto tlaku, udržuje se po dobu 15 minut. Při zkoušce pro organický absorbér se tlak co 5 minut zvyšuje o 20 kPa. Tlak udržujeme po dobu jedné hodiny. Nakonec se solární panel zkontroluje na netěsnost, vydutí a zkroucení. Výsledky zkoušek se zapíší. [9]

Vystavení vlivům prostředí

Nasimulují se venkovní podmínky a těm se vystaví zkoušené, nenaplněné uzavřené kolektory po dobu nejméně 30 dnů. Denně by kolektory měly být vystaveny záření většímu než 14 MJ.m⁻². Dny nemusí následovat kalendářně po sobě. Dále po dobu nejméně 30 hodin, se kolektory vstavují teplotě vyšší než 10 °C a slunečnímu záření ve výši více než 850 W.m⁻². Po ukončení zkoušky se kolektory zkontrolují na poškození a degeneraci. Výsledky se následně zapíší a k těm se připiší klimatické záznamy v průběhu zkoušky. [9]

Průnik deště

U této zkoušky zjišťujeme průnik deště do zaskleného kolektoru. Déšť nesmí proniknout do kolektoru a to ani větracími nebo odvodňovacími otvory. Pro simulaci deště se používají rozprašovací trysky nebo sprchy s vodou o teplotě nižší než 30 °C a průtoku větším než 0,05 kg.s⁻¹.m⁻². V kolektoru jsou absorbéry vyhřívány na teplotu minimálně 50 °C. Optimální doba zkoušky činí 4 hodiny. Průnik vody do kolektoru se vyhodnocuje vizuálně na přítomnosti vodních kapek kondenzátu na krycím sklu. Kolektor se zváží, případně se změří absolutní vlhkost v mezeře mezi sklem a absorbérem. Další možností je změřit úroveň kondenzace na krycím sklu. Všechna místa, kam se voda dostala, se musí zaznamenat. [9]



Obrázek 4.1 zkouška průniku deště

Mechanické zatížení

Je zkouška, která má za úkol zhodnotit, zda transparentní kryt solárního kolektoru vydrží tlakové zatížení sněhu a větru. Kolektor se umístí do vodorovné polohy a na něho se postupně přidává sypký materiál. Zvyšuje se postupně tlak po krocích 250 Pa a to až do té doby, než se objeví první trhлина nebo se tlak zvyšuje na hodnotu, kterou předem určil výrobce. [9]



Obrázek 4.2 zkouška mechanického zatížení

Vystavení nárazu (krupobití)

Solární kolektory jsou vystaveny nárazu ocelových kuliček nebo ledových kuliček, které představují kroupy v přírodě. Kuličky váží 150 g. Ocelové kuličky dopadají vždy desetkrát na skloněný nebo kolmý kolektor a to z výšky od 0,4 m do 2 m po kroku 0,2 m. Proveďte se prohlídka kolektoru. Výsledky prohlídky se zapíše, stejně tak i výška, ze které byly spouštěny ocelové kuličky. Taktéž se zapíše počet nárazů do poškození kolektoru. Ledové kuličky o průměru 25 mm dopadají na skloněný nebo kolmý kolektor. Opět se použije za stejných výškových podmínek jako ocelové kuličky. Po ukončení zkoušky se kolektory prohlédnou a vyhodnocuje se opět poškození. Zkouška je ukončena, je-li kolektor poškozen nebo odolá nárazu 10 ks ledových kuliček. Zkouška ledovými kuličkami je upřednostňována. [9]

4.2 Účinnost solárního kolektoru

Účinnost solárního kolektoru závisí na sluneční záření (G), venkovní teplotě (t_e) a střední teplotě teplonosné kapaliny (t_m). Účinnost se vypočítá podle následujícího vztahu. [10]

$$\eta = \eta_0 - a_1 \frac{t_m - t_e}{G} - a_2 \frac{(t_m - t_e)^2}{G} \quad (1)$$

Kde:

η účinnost solárního kolektoru

η_0 optická účinnost

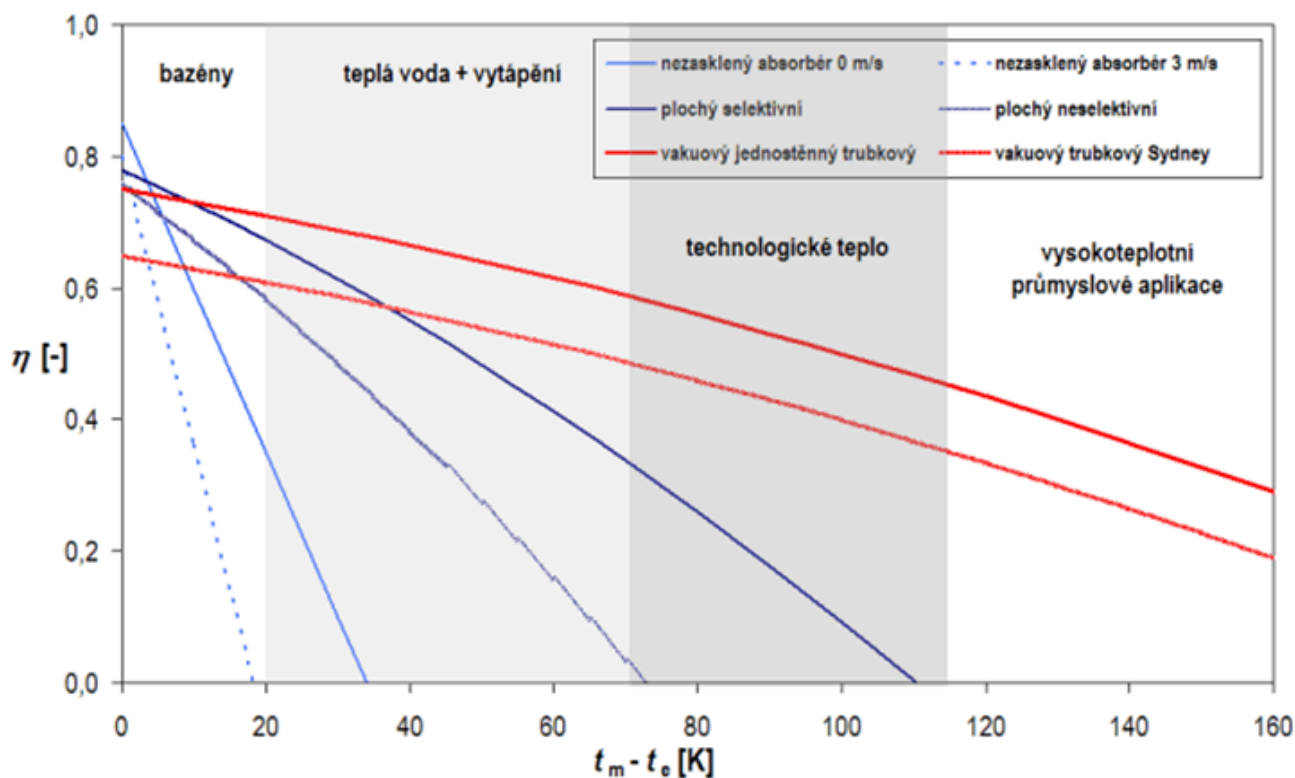
a_1 lineární součinitel tepelné ztráty kolektoru [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

a_2 kvadratický součinitel tepelné ztráty kolektoru [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-2}$]

t_e venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_m střední teplota teplonosné kapaliny [$^{\circ}\text{C}$]

Porovnání účinnosti, různých typu kolektorů



Graf 4-1 účinnosti kolektorů závislých na teplotě

5 Návrh soustavy, způsob porovnání a dispoziční řešení

Termosolární soustava je navržena pro čtyřčlennou rodinu. Voda bude celoročně ohřívána z teploty 10 °C na 60 °C. Sklon střechy je 45° proto bude i sklon kolektoru 45°. Denní spotřeba je kolem 50 litrů vody na osobu. [1, 11]

5.1 Dispoziční řešení

Solární kolektory budou umístěny na šikmou střechu směr jihozápad, sklon střechy 45°. Pro uchycení kolektoru použijeme sadu úchytek, které jsou součástí dodávky zařízení.

5.2 Výpočet měsíčních potřeb tepla pro přípravu TV

Teoretická denní spotřeba tepla

$$Q_{TV,den,teoret} = c_p \cdot m \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

Kde:

$Q_{TV,den,teoret}$... teoretická denní spotřeba tepla [Wh.den⁻¹]

c_p ... měrná tepelná kapacita vody [Wh.kg⁻¹.K⁻¹]

m ... hmotnost teplé vody [kg]

$T_{1,2}$... teplota vody [K]

$$Q_{TV,den,teoret} = c_p \cdot m \cdot (T_2 - T_1) = 1,16 \cdot 200(60 - 10) = 11600 \text{ Wh. den}^{-1} \quad [11]$$

Denní spotřeba tepla včetně ztrát

$$Q_{TV,den} = Q_{TV,den,teoret} + Q_{TV,den,teoret} \cdot z \quad (3)$$

Kde:

$Q_{TV,den}$... množství tepla vody za den [kWh. den⁻¹]

$Q_{TV,den,teoret}$... teoretická denní spotřeba tepla [Wh.den⁻¹]

z ...ztráty [%]

$$Q_{TV,den} = Q_{TV,den,teoret} + Q_{TV,den,teoret} \cdot z = 11600 + 11600 \cdot 0,15 = 13340 \text{ kWh. den}^{-1}$$

Měsíční spotřeba tepla

$$Q_{TV,měsíc} = Q_{TVden} \cdot 31 \quad (4)$$

Kde:

$Q_{TV,měsíc}$... množství teple vody za měsíc [kWh. měsíc⁻¹]

Q_{TVden} ... množství teple vody za den [kWh. den⁻¹]

$$Q_{TVmėsíc} = Q_{TVden} \cdot 31 = 13340 \cdot 31 = 413,540 \text{ kWh. měsíc}^{-1} \quad [1, 11]$$

5.3 Stanovení množství skutečného slunečního záření dopadajícího na plochu dané orientace

Z tabulek byly zjištěny následné hodnoty výpočet je proveden vždy pro měsíc (duben)

- Teoretický možná energie dopadající za den na plochu z tabulky 5.1
 $Q_{S,teor,den} = 7,10 \text{ kWh.m}^{-2}$
- Teoretická doba slunečního svitu z tabulky 5.2
 $\tau_{teor} = 13,9 \text{ h}$
- Měrná doba slunečního svitu z tabulky 5.3
 $\tau_{skut} = 0,37 \text{ h}$

Tabulka 5.1 teoretické množství energie dopadající za den na plochu

úhel sklonu osluněné plochy	teoretický možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících (kW.h.m ⁻²)						
$a_s = \pm 45^\circ$	XII	I, XI	II, X	III, IX	IV, VIII	V, VII	VI
15°	1,36	1,69	3,30	5,38	7,26	8,86	9,43
30°	1,85	2,3	3,82	5,67	7,32	8,50	8,93
45°	2,08	2,52	4,15	5,69	7,10	8,08	8,2
60°	2,29	2,59	4,14	5,52	6,58	7,35	7,21
75°	2,35	2,64	3,98	5,22	6,03	6,34	6,15
90°	2,19	2,54	3,57	4,80	4,97	4,95	4,90

Tabulka 5.2 teoretická doba slunečního svitu

měsíc	teoretická doba slunečního svitu τ_{teor} [h]
XII	7,85
XI a I	8,26
X a II	10,12
IX a III	12
VIII a IV	13,9
VII a V	15,7
VI	16,34

[1, 11]

Tabulka 5.3 měrná doba slunečního svitu

$\frac{\tau_{\text{skut}}}{\tau_{\text{teor}}}$	OSTRAVA
I	0,27
II	0,3
III	0,3
IV	0,37
V	0,47
VI	0,45
VII	0,55
VIII	0,55
IX	0,43
X	0,36
XI	0,19
XII	0,18

[1, 11]

5.3.1 Skutečné sluneční záření

$$Q_{S,den,skut} = \tau_{skut} \cdot Q_{S,den,teor} \quad (5)$$

Kde:

$Q_{S,den,skut}$... skutečná energie dopadající za den na plochu [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$]

τ_{skut} ... měrná doba Slunečního svitu pro Ostravu [h]

$Q_{S,den,teor}$... teoretický možná energie dopadající za den na plochu [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$]

$$Q_{S,den,skut} = \tau \cdot Q_{S,den,teor} = 0,37 \cdot 7,10 = 2,627 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2}$$

$$Q_{S,\text{měsíc,skut}} = Q_{S,\text{den,skut}} \cdot 31 \quad (6)$$

Kde:

$Q_{S,\text{měsíc,skut}}$... skutečná energie dopadající za měsíc na plochu [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$]

$Q_{S,\text{den,skut}}$... skutečná energie dopadající za den na plochu [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$]

$$Q_{S,\text{měsíc,skut}} = Q_{S,\text{den,skut}} \cdot 31 = 2,627 \cdot 31 = 81,437 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-2} \quad [1, 11]$$

Tabulka 5.4 skutečné sluneční záření za jednotlivé měsíce

měsíc	jednotky	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$\tau_{\text{skut}}/\tau_{\text{teor}}$	-	0,27	0,3	0,3	0,37	0,47	0,45
$Q_{S,\text{den,teor}}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$	2,52	4,15	5,69	7,1	8,08	8,2
$Q_{S,\text{den,skut}}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$	0,6804	1,245	1,707	2,627	3,7976	3,69
$Q_{S,\text{měsíc,skut}}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$	21,0924	34,86	52,917	78,81	117,7256	110,7
měsíc	jednotky	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
$\tau_{\text{skut}}/\tau_{\text{teor}}$	-	0,55	0,55	0,43	0,36	0,19	0,18
$Q_{S,\text{den,teor}}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$	8,08	7,1	5,69	4,15	2,52	2,08
$Q_{S,\text{den,skut}}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$	4,444	3,905	2,4467	1,494	0,4788	0,3744
$Q_{S,\text{měsíc,skut}}$	$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$	137,764	121,055	73,401	46,314	14,364	11,6064

5.4 Volba typu kolektoru, rovnice účinností charakteristiky pro vybranou vztažnou plochu, výpočet stagnační teploty

Byl vybrán plochý kolektor KPG1, jelikož se dá namontovat do svislé i vodorovné polohy. Kolektory typu KPG1 jsou vyráběny pomocí robotů. To má příznivý vliv na poměr mezi výkonem a cenou kolektoru. Dalším pozitivem je, že hliníkový absorbér je k měděným potrubím laserově přivařen. [1,11]

5.4.1 Technické parametry kolektoru KPG1

Tento kolektor je plochý. Plocha absorbérů $S_a = 2,309 \text{ m}^2$. Rozměry kolektoru: šířka $d = 1\,170 \text{ mm}$, délka $l = 2\,150 \text{ mm}$, výška $v = 84 \text{ mm}$. Hmotnost kolektoru bez kapaliny: $m_{\text{kol}} = 47 \text{ kg}$. Optická účinnost: $\eta_0 = 0,794$. Tepelné ztráty vedením a prouděním: $a_1 = 3,639 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. Tepelné ztráty radiací: $a_2 = 0,0168 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$. [1,11]

5.5 Stanovení průměrné účinnosti kolektoru v jednotlivých měsících

Výpočet stagnační teploty

$$t_s = \frac{t_1 + t_2}{2} \quad (7)$$

Kde:

t_s ...stagnační teplota [$^{\circ}\text{C}$]

$t_{1,2}$... teplota vody [$^{\circ}\text{C}$]

$$t_s = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{10 + 60}{2} = 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

5.5.1 Intenzita slunečního záření

$$I_{M,IV} = \frac{Q_{S,den,teor}}{\tau_{teor}} \quad (8)$$

Kde:

$I_{M,IV}$... intenzita slunečního záření [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$]

$Q_{S,den,teor}$... teoretický možná energie dopadající za den na plochu [$\text{kWh} \cdot \text{m}^{-2}$]

τ_{teor} ... teoretická doba slunečního svitu [h]

$$I_{M,IV} = \frac{Q_{S,den,teor}}{\tau_{teor}} = \frac{7,10}{13,9} = 0,51 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$$

5.5.2 Rovnice účinností charakteristiky

$$\eta_{IV} = \eta_0 - \frac{a_1(t_s - t_e)}{I_M} - \frac{a_2(t_s - t_e)^2}{I_M} \quad (9)$$

Kde:

η_{IV} ... účinnostní charakteristika (pro duben)

η_0 ...optická účinnost

a_1 ... tepelné ztráty vedením [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$]

a_2 ... tepelné ztráty proděním [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$]

t_s ...stagnační teplota [$^{\circ}\text{C}$]

t_e ... venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

$I_{M,IV}$...intenzita slunečního záření [$\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$] [1,11]

$$\eta_{IV} = \eta_0 - \frac{a_1(t_s - t_e)}{I_M} - \frac{a_2(t_s - t_e)^2}{I_M} = 0,794 - \frac{3,639 \cdot (35 - 8,44)}{511} - \frac{0,0168(35 - 8,44)^2}{511} = 0,5816$$

Tabulka 5.5 účinnost pro každý měsíc

měsíc	jednotky	I.	II.	III.	IV	V.	VI.
t_e	$^{\circ}\text{C}$	0,78	0,14	4,96	8,44	13,58	16,8
$Q_{S,\text{teor,den}}$	kWh.m^{-2}	2,52	4,15	5,69	7,1	8,08	8,2
τ_{teor}	h	8,26	10,12	12	13,9	15,7	16,3
I_M	W.m^{-2}	305	410	474	511	515	502
η	-	0,3213	0,4349	0,5315	0,5816	0,6276	0,6511
měsíc	jednotky	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
t_e	$^{\circ}\text{C}$	19,36	19,1	13,66	8,2	3,68	0,294
$Q_{S,\text{teor,den}}$	kWh.m^{-2}	8,08	7,1	5,69	4,15	2,52	2,08
τ_{teor}	h	15,7	13,9	12	10,12	8,26	7,85
I_M	W.m^{-2}	515	511	474	410	305	265
η	-	0,6754	0,6724	0,6141	0,5268	0,3664	0,2410

5.6 Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru

$$Q_{K,IV} = Q_{S,\text{měsíc,skut}} \cdot \eta_{IV} \quad (10)$$

$Q_{K,IV}$... měrný tepelný zisk kolektoru (pro duben) $[\text{kWh.m}^{-2}]$

$Q_{S,\text{měsíc,skut}}$...energie dopadající na kolektory za měsíc $[\text{kW.h.m}^{-2}]$

η_{IV} ...účinnostní charakteristika

$$Q_{K,IV} = Q_{S,\text{měsíc, skut}} \cdot \eta_{IV} = 78,81 \cdot 0,5816 = 45,836 \text{ kWh.m}^{-2}$$

[1, 11]

Tabulka 5.6 měrný tepelný zisk kolektoru za každý měsíc

měsíc	jednotky	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
$Q_{S,měsíc,skut}$	kWh. m ⁻²	21,0924	36,105	52,917	78,81	117,7256	110,7
η	-	0,3213	0,4349	0,5315	0,5816	0,6276	0,6511
$Q_{K,měsíc}$	kWh.m ⁻²	6,8	15,7	28,1	45,8	73,9	72,1
měsíc	jednotky	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
$Q_{S,měsíc,skut}$	kWh. m ⁻²	137,764	121,055	73,401	46,314	14,364	11,6064
η	-	0,6754	0,6724	0,6141	0,5268	0,3664	0,2410
$Q_{K,měsíc}$	kWh.m ⁻²	93,0	81,4	45,1	24,4	5,3	2,8

5.7 Návrh počtu m² kolektorové plochy

Návrh měsíce s rovnovážnou energetickou bilancí – zvolen byl měsíc duben

5.7.1 Potřebná plocha kolektoru

$$S = \frac{Q_{TV,měsíc}}{Q_{K,IV}} \quad (11)$$

Kde:

S ... potřebná plocha kolektoru [m²]

$Q_{TV,měsíc}$... množství teple vody za měsíc [kWh. měsíc⁻¹]

$Q_{K,IV}$... měrný tepelný zisk kolektoru (pro duben) [kWh. m⁻²]

$$S = \frac{Q_{TV,měsíc}}{Q_{K,IV}} = \frac{413,54}{45,8} = 9,02 \text{ m}^2$$

5.7.2 Počet kolektorů

$$n = \frac{S}{S_a} \quad (12)$$

Kde:

n ... počet kolektoru [ks]

S_a ... plocha absorberu [m²]

S ... plocha kolektoru [m²]

$$n = \frac{S}{S_a} = \frac{9,02}{2,309} = 4 \text{ ks}$$

[1, 11]

5.7.3 Přepočet počtu m² kolektorové plochy

$$S = n \cdot S_a \quad (13)$$

Kde:

S...kolektorová plocha [m²]

n... počet kolektoru [ks]

S_a... plocha absorberu [m²]

$$S = n \cdot S_a = 4 \cdot 2,309 = 9,236 \text{ m}^2$$

5.8 Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce (přebytky a nedostatky)

$$Q_{mIV} = Q_{K,IV} \cdot S \quad (14)$$

Kde:

Q_{mIV}...energetická bilance [kWh]

Q_{K,IV} ...měrný tepelný zisk kolektoru za duben [kWh.m⁻²]

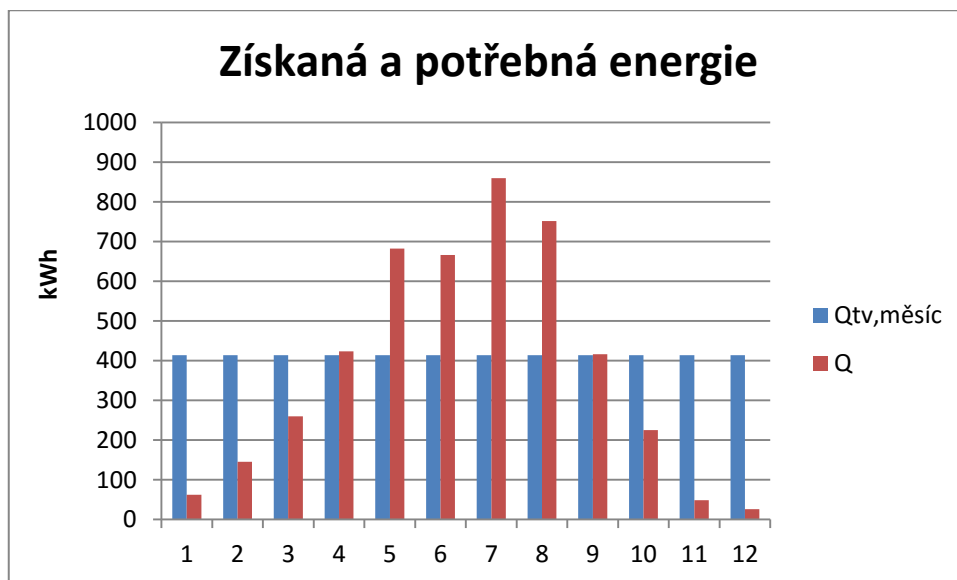
S...kolektorová plocha [m²]

$$Q_{mIV} = Q_{K,IV} \cdot S = 45,8 \cdot 9,236 = 423,3 \text{ kWh}$$

Tabulka 5.7 energetická bilance pro jednotlivé měsíce

měsíc	jednotky	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Q _{K,měsíc}	kWh.m ⁻²	6,8	15,7	28,1	45,8	73,9	72,1
Q _{m,měsíc}	kWh	62,6	145,0	259,8	423,3	682,4	665,7
Přebytek	kWh	0	0	0	9,8	268,8	252,2
Nedostatek	kWh	350,9	268,5	153,8	0	0	0
měsíc	jednotky	VII.	VIII.	IX.	X.	XI.	XII.
Q _{K,měsíc}	kWh.m ⁻²	93,0	81,4	45,1	24,4	5,3	2,8
Q _{m,měsíc}	kWh	859,4	751,8	416,3	225,3	48,6	25,8
Přebytek	kWh	445,9	338,3	02,8	0	0	0
Nedostatek	kWh	0	0	0,9	188,2	364,9	387,7

[1, 11]



Graf 5-1 energetická bilance

5.9 Stanovení maximálního celoročního zisku solární soustavy (uvažováno i s přebytky v letních měsících)

$$Q_{\max} = \sum_{i=1}^{12} Q_{m,\text{měsíc}} \quad (15)$$

Kde:

Q_{\max} ... maximální celoroční zisk [kWh]

$Q_{m,\text{měsíc}}$... energetická bilance [kWh]

$$Q_{\max} = \sum_{i=1}^{12} Q_{m,\text{měsíc}} = 4566 \text{ kWh}$$

5.10 Stanovení skutečného celoročního energetického zisku solární soustavy. Velikost solárního pokrytí celoroční potřeby tepla.

5.10.1 Celoroční energetický zisk solárního systému

$$Q_{\text{skut}} = \sum_{i=1}^{12} Q_{m,\text{měsíce}} - \sum_{i=1}^{12} Q_{\text{přebytek}} \quad (16)$$

Kde:

Q_{skut} ...celoroční zisk solárního systému [kWh]

$Q_{m,\text{měsíc}}$... energetická bilance [kWh]

$Q_{\text{přebytek}}$...přebytek získané energie [kWh]

$$Q_{\text{skut}} = \sum_{i=1}^{12} Q_{m,\text{měsíce}} - \sum_{i=1}^{12} Q_{\text{přebytek}} = 4566 - 1305,1 = 3260,9 \text{ kWh}$$

5.10.2 Velikost pokrytí celoroční potřeby tepla

$$f = \frac{Q_{\text{skut}}}{Q_{\text{TV,měsíc}} \cdot 12} \quad (17)$$

Kde:

f ... celoroční potřeba tepla [%]

Q_{skut} ... celoroční zisk [kWh]

$Q_{\text{TV,měsíc}}$... množství teple vody za měsíc [kWh. měsíc⁻¹]

$$f = \frac{Q_{\text{skut}}}{Q_{\text{TV,měsíc}} \cdot 12} = \frac{3260,9}{413,54 \cdot 12} = 0,657 = 66\%$$

5.11 Výpočet měrného celoročního tepelného zisku solární soustavy, maximálního a skutečného, vztaženého na 1 m² plochy aparatury v kWh.m⁻²

5.11.1 Maximální měrný celoroční energetický zisk

$$q_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{S} \quad (18)$$

Kde:

q_{max} ... maximální měrný celoroční zisk [kWh. m⁻²]

Q_{max} ... maximální celoroční zisk [kWh]

S ... kolektorová plocha [m²]

$$q_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{max}}}{S} = \frac{4566}{9,236} = 494,37 \text{ kWh. m}^{-2}$$

[1, 11]

5.11.2 Maximální měrný skutečný celoroční energetický zisk

$$q_{\text{skut,max}} = \frac{Q_{\text{skut}}}{S} \quad (19)$$

Kde:

$q_{\text{skut,max}}$... maximální měrný skutečný celoroční tepelný zisk [kWh. m⁻²]

Q_{skut} ... celoroční zisk [kWh]

S ... kolektorová plocha [m²]

$$q_{\text{skut,max}} = \frac{Q_{\text{skut}}}{S} = \frac{3260,9}{9,236} = 353,06 \text{ kWh. m}^{-2}$$

[1, 11]

Porovnání výsledků s fs1.vsb.cz/361/vyuka/vrt/AOZE/AOZE_FAST/BilanceSS/BILANCE_SS_5_6.xls

Tabulka 5.8 výsledky získané výpočtem dle programu doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D.

Měrný energetický zisk ze solární soustavy $q_{ss,u}$	338	kWh.m ⁻² .rok ⁻¹
Celkový energetický zisk ze solární soustavy $Q_{ss,u}$	3230	kWh.rok ⁻¹
Solární pokrytí (podíl solární soustavy) f	60,1	%

Tabulka 5.9 vypočítané hodnoty

Měrný energetický zisk ze solární soustavy $Q_{TVm\acute{e}s\acute{ic}}$	353,06	kWh. m ⁻² .rok ⁻¹
Celkový energetický zisk ze solární soustavy Q_{skut}	3260,9	kWh.rok ⁻¹
Solární pokrytí (podíl solární soustavy) f	66	%

Rozdíl 6 % při porovnání výsledků solárního pokrytí je způsoben rozdílem vstupních dat pro výpočet v programu doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D. Pro tabulku č. 5.8 byly použity celorepublikové hodnoty, kdežto pro tabulku č. 5.9 hodnoty platné pouze pro Ostravsko.

[12]

6 Vyhodnocení návrhu z ekonomického a environmentálního hlediska

Z ekonomického hlediska je porovnávána pořizovací cena solárního systému včetně nákladů na provoz čerpadla a kotle v době dohřívání (nedostatky Q_{tv}) v měsících od října do března s fakturou za spotřebu plynu na ohřev pitné vody za celý rok. Cena za spotřebu plynu za období jednoho roku je 5 016,66 Kč. Množství spotřebovaného plynu je 5,108 MWh. Cena plynu za rok činí 982,1 Kč.MWh⁻¹.

Firma Regulus nabízí sezónní slevy 17% a dotační příspěvek 35 000 Kč za kolektory KPG1. V ceně je zásobník teplé vody 300 l, jeden solární výměník, čerpadlovou skupinu se solárním regulátorem STDC, expanzní nádobu 18 l, včetně držáku a připojení, nemrznoucí solární kapalinu značky Solarten 20 l a k tomu termostatický směšovací ventil teplé vody. Vše za 58 685 Kč. Technická dokumentace v příloze 2. Modelový kotel ecoTEC plus VUW INT 236/3-5 od výrobce Vaillant.

Provoz čerpadla a regulátoru

Cena za elektřinu je v modelovém domě 3,78 Kč.kWh⁻¹. Průměrná roční spotřeba elektřiny čerpadla je okolo 60 kWh. Za provoz čerpadla se ročně zaplatí zhruba 226,8 Kč.rok⁻¹.

$$Q_{spot} = Q_{el} \cdot c \quad (20)$$

Kde:

Q_{spot} ... cena za provoz čerpadla za rok [Kč]

Q_{el} ... spotřeba elektřiny za rok [kWh]

c ... cena za elektrickou energii [Kč.kWh⁻¹]

$$Q_{spot} = Q_{el} \cdot c = 60 \cdot 3,78 = 226,8 \text{ Kč}$$

Kotel značky ecoTEC plus VUW INT 236/3-5

Solární systém je připojen ke kotli. Kotlem je možné dohřívát nedostatky tepla v měsících leden, únor, březen, říjen, listopad a prosinec. Nedostatek tepla za rok je 1 714 kWh roční cena 1683,32 Kč.

$$E_{\text{spot}} = Q_{\text{nedostatky}} \cdot p \quad (21)$$

Kde:

E_{spot} ... cena spotřeby plynu za rok [Kč]

$Q_{\text{nedostatky}}$... nedostatky tepla za rok [MWh]

p ... cena plynu za 1 MWh [Kč]

$$E_{\text{spot}} = Q_{\text{nedostatky}} \cdot p = 1,714.982,1 = 1683,32 \text{ Kč}$$

Porovnání

Cena za solární systém se slevou 17% a dotaci 35 000 Kč je 58 685 Kč

Cena za solární systém bez slevy a bez dotaci je 105 704,82 Kč

Cena za provoz čerpadla ročně 226,8 Kč

Cena za provoz kotle ročně 1683,32 Kč

Se slevou a dotacemi je možné ušetřit 47 019,82 Kč. Roční úspora je až 3 106,54 Kč za provoz. Návratnost pořizovací ceny solárního systému by byla teoreticky až za 15 let.

6.1 Environmentální hledisko

Pro provoz čerpadla solárního systému se spotřebuje 60 kWh elektrické energie za rok.

Z odebrané elektrické energie na provoz čerpadla vzniknou následující emise:

Tabulka 6.1 emisní faktory pro systémovou elektrickou energii

typ zdroje emise	jednotka	TL	SO ₂	NO _x	CO	Org. látky	CO ₂
elektřina - systémové zdroje (včetně jaderných a vodních)	kg.GJ ⁻¹	0.02591	0.489376	0.415698	0.0393	0.03086	325

[11]

Výpočet emisí, které vzniknou na výrobu 60 kWh.

$$60 \text{ kWh} = 60\,000 \text{ Wh} \quad 60\,000 \text{ Wh} = 216\,000\,000 \text{ J}$$

$$216\,000\,000 \text{ J} = 0,216 \text{ GJ}$$

$$M_{\text{TL}} = A_{\text{el}} \cdot \text{TL} \quad (22)$$

Kde:

M_{TL} ... množství tuhých znečišťujících látek [kg]

A_{el} ... množství energie na výrobu 60 kWh [GJ]

TL ... emisní faktor pro tuhé znečišťující látky [kg.GJ⁻¹]

$$M_{\text{TL}} = A_{\text{el}} \cdot \text{TL} = 0,216 \cdot 0,02591 = 0,00559 \text{ kg}$$

Tabulka 6.2 množství emisí, které vzniknou na výrobu 60 kWh

znečišťující látky	jednotky	množství
Tuhé znečišťující látky	kg	0,00559
Oxid siřičitý	kg	0,10571
Oxidy dusíku	kg	0,08979
Oxid uhelnatý	kg	0,00849
Organické látky	kg	0,00667
Oxid uhličitý	kg	70,2

Množství emisí vzniklých ohřevem kotlem za rok na výrobu 1,714 MWh

Tabulka 6.3 emise vzniklé při spalování zemního plynu kg.106 m⁻³

vzniklé emise	jednotka	TL	SO ₂	NO _x	CO	Organické látky
množství	kg.106 m ⁻³	20	9,6	1300	320	64

[11]

Množství spotřebovaného plynu kotlem za rok je 5,108 MWh. Tomuto množství odpovídá 465 m³.

Množství CO₂ vzniklé spálením zemního plynu je 56 g.MJ⁻¹

Kotel se vyznačuje nízkou hodnotou oxidu dusíku a to 45 mg.m⁻³

Výpočet emisí, které vzniknou na ohřev 1,714 MWh. Tomuto množství odpovídá 156 m³.

Hodnoty emisí, které budou použity k výpočtu, odpovídají této hodnotě 20 kg_{TL} na 106 m³.

$$E_z = E_f \cdot M \quad (23)$$

Kde:

E_z ... množství vypuštěných znečišťujících látek [kg]

E_f ... emisní faktor [m^{-3}]

M ... množství [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

$$E_z = E_f \cdot M = 20 \cdot \frac{156}{106} = 29,44 \text{ kg}$$

Výpočet CO_2 ,

$$1,714 \text{ MWh} = 1\,714\,000 \text{ Wh}$$

$$1\,714\,000 \text{ Wh} = 617\,400\,000 \text{ J}$$

$$617\,400\,000 \text{ J} = 617,4 \text{ MJ}$$

Tabulka 6.4 množství emisí vzniklých za dohřívání

znečišťující látky	jednotky	množství
Tuhé znečišťující látky	kg	29,44
Oxid siřičitý	kg	14,13
Oxidy dusíku	kg	$6,62 \cdot 10^{-5}$
Oxid uhelnatý	kg	470,94
Organické látky	kg	94,19
Oxid uhličitý	kg	34,57

Množství emisí vzniklých kotlem za rok

Tabulka 6.5 množství emisí vzniklých kotlem za rok

znečišťující látky	jednotky	množství
Tuhé znečišťující látky	kg	87,736
Oxid siřičitý	kg	42,1133
Oxidy dusíku	kg	0,00353
Oxid uhelnatý	kg	3072
Organické látky	kg	614,4
Oxid uhličitý	kg	1029,773

Porovnání

Pokud bude kotel dohřívat jen v období od října do března, tak množství emisí klesne následovně:

Tabulka 6.6 množství ušetřených emisí

znečišťující látky	jednotky	množství
Tuhé znečišťující látky	kg	58,29
Oxid siřičitý	kg	27,88
Oxidy dusíku	kg	0,0863
Oxid uhelnatý	kg	2977,8
Organické látky	kg	520,20
Oxid uhličitý	kg	925,003

7 Závěr

Z výpočtů bylo zjištěno, že měsíční spotřeba tepla pro dosažení dostatečně teplé vody v modelovém domě pro čtyřčlennou rodinu činí $413,54 \text{ kWh.měsíc}^{-1}$. Všechny výpočty byly vztaženy na měsíc duben. Dále bylo zkoumáno, kolik tepla dodá slunce v jednotlivých měsících. Od dubna do září vzniká přebytek tepla, který lze využít k ohřevu vody v bazénu. Nedostatky tepla jsou ve zbylých měsících.

Kotel je 3 roky v používání. Solární systém se připojí k tomuto kotli, který bude dohřívat $1\,705,7 \text{ kWh}$ nedostatků za rok. Jako nejlepší byla vyhodnocena sada solárního systému od firmy Regulus. (Nabízí dosti bohatý sortiment.) Vybrána byla akční nabídka se sezónní slevou a s dotacemi. Díky solárnímu systému lze ročně ušetřit $3\,106,54 \text{ Kč}$. Návratnost investice bude 15 let.

Z environmentálního hlediska zde dochází k poklesu množství spalin. Hodnoty poklesu spalin jsou zobrazeny v tabulce 6.6. Poklesy jsou způsobeny neceloročním využíváním kotle. Malé množství emisí vzniká taktéž při výrobě elektrické energie, která je využívána na pohon čerpadla. Hodnoty tohoto malého množství emisí jsou uvedeny v tabulce 6.2.

Celková roční úspora nákladů na spotřebu plynu pro ohřev pitné vody činí jen $3\,106,54 \text{ Kč}$. Solární systém, s návratností pořizovací ceny až 15 let, při využívání úsporného kotle ecoTEC plus VUW INT 236/3-5, se z ekonomického hlediska dokupovat nevyplatí. Z environmentálního hlediska by se však o koupi dalo uvažovat díky sníženým emisím.

8 Seznam literatury

- [1] Jaromír Cihelka. *Solární tepelná technika*. Praha: T. Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
- [2] Bartoš, Václav. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [3] *Obnovitelné zdroje energie*. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, 1998. ISBN 80-7078-445-8.
- [4] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.. Typy solárních kolektorů. *tzb-info*. [online]. 27.4.2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/154-typy-solarnich-kolektoru>
- [5] Princip solárního kolektoru . *cez*. [online]. 27.4.2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/microsites/solarni/k21.htm>
- [6] Karel Murtinger a Jan Truxa. *Solární energie pro váš dům*. Brno: Era – vydavatelství, 2006. ISBN 80-7366-076-8.
- [7] českéstavby.cz. *ceskestavby*. [online]. 27.4.2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.ceskestavby.cz/clanky/jake-je-idealni-umistení-solarnich-panelu-19532.html>
- [8] Solární panely – základní výhody a nevýhody. *chytře-bydlení*. [online]. 27.4.2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://www.chytře-bydlení.cz/solarni-panely–zakladni-vyhody-a-nevyhody>
- [9] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Zkoušky spolehlivosti solárních kolektorů. *tzb-info*. [online]. 27.4.2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/135-zkousky-spolehlivosti-solarnich-kolektoru>
- [10] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D. Parametry solárních kolektorů. *tzb-info*. [online]. 27.4.2016 [cit. 2016-04-27]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/155-parametry-solarnich-kolektoru>
- [11] přednášky
- [12] doc. Ing. Tomáš Matuška, Ph.D.. Bilance SS. *fs*. [online]. 1.5.2016 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/?page_id=158

Seznam obrázků, grafů a tabulek

Obrázek 2.1 intenzita slunečního záření	10
Obrázek 2.2 sluneční záření v ČR	11
Obrázek 3.1 solární systém	12
Obrázek 3.2 bazénové absorbéry jako rohože z materiálu odolného vůči UV záření	13
Obrázek 3.3 atmosférický a plochý vakuový kolektor	14
Obrázek 3.4 řez jednostěnným vakuovým kolektorem	14
Obrázek 3.5 trubkový dvojstěnný vakuový kolektor	15
Obrázek 3.6 solární zásobník	17
Obrázek 3.7 regulační zařízení	19
Obrázek 4.1 zkouška průniku deště	22
Obrázek 4.2 zkouška mechanického zatížení	23
Graf 4-1 účinnosti kolektorů závislých na teplotě	24
Graf 5-1 energetická bilance	33
Tabulka 2.1 charakteristické rozměry Slunce	10
Tabulka 5.1 teoretické množství energie dopadající za den na plochu	26
Tabulka 5.2 teoretická doba slunečního svitu	27
Tabulka 5.3 měrná doba slunečního svitu	27
Tabulka 5.4 skutečné sluneční záření za jednotlivé měsíce	28
Tabulka 5.5 účinnost pro každý měsíc	30
Tabulka 5.6 měrný tepelný zisk kolektoru za každý měsíc	31
Tabulka 5.7 energetická bilance pro jednotlivé měsíce	32
Tabulka 5.8 výsledky získané výpočtem dle programu doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D.	35
Tabulka 5.9 vypočítané hodnoty	35
Tabulka 6.1 emisní faktory pro systémovou elektrickou energii	37
Tabulka 6.2 množství emisí, které vzniknou na výrobu 60 kWh	38
Tabulka 6.3 emise vzniklé při spalování zemního plynu $\text{kg} \cdot 10^6 \text{ m}^{-3}$	38
Tabulka 6.4 množství emisí vzniklých za dohřívání	39
Tabulka 6.5 množství emisí vzniklých kotlem za rok	39
Tabulka 6.6 množství ušetřených emisí	40

Seznam rovnic

1	Účinnost solárního kolektoru	24
2	Teoretická denní spotřeba tepla	25
3	Denní spotřeba tepla včetně ztrát	25
4	Měsíční spotřeba tepla	26
5	Skutečné sluneční záření	27
6	skutečná energie dopadající za měsíc na plochu	28
7	Výpočet stagnační teploty	29
8	Intenzita slunečního záření	29
9	Rovnice účinností charakteristiky	29
10	Stanovení měrného tepelného zisku kolektoru	30
11	Potřebná plocha kolektoru	31
12	Počet kolektorů	31
13	Přepočet počtů m ² kolektorové plochy	32
14	Určení energetické bilance pro jednotlivé měsíce	32
15	Stanovení maximálního celoročního zisku solární soustavy	33
16	Celoroční zisk solárního systému	33
17	Velikost pokrytí celoroční potřeby tepla	34
18	Maximální měrný celoroční zisk	34
19	Maximální měrný skutečný celoroční zisk	34
20	Cena za provoz čerpadla za rok	36
21	Cena spotřeby plynu za rok	37
22	Množství emisí znečišťujících látek	38
23	Množství vypuštěných znečišťujících látek	39

Seznam příloh

Příloha 1 Technický list kolektoru KPG1

Příloha 2 Technický list příslušenství z akční nabídky

Příloha 3 Výsledky z programu od pana doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D.

Schéma připojení solárního systému

Kompletní bakalářská práce je v elektronické podobě uložena na CD

Příloha 1 Technický list kolektoru KPG1

KPG1-ALC – TECHNICKÝ LIST v1.4

Rozměry a váhy	
výška x šířka x tloušťka	2151x1170x84 mm
rozteč trubek Ø 22 mm	2010 mm
celková plocha	2,517 m ²
plocha apertury	2,392 m ²
plocha absorberu	2,309 m ²
hmotnost bez kapaliny	47 kg
Zasklení	
materiál	kalené nízkoželezné sklo
tloušťka	3,2 mm
propustnost	90,8 ± 2 %
Absorbér	
materiál	hliník, tl. 0,5mm
povrchová úprava	TiNOx
konstrukční typ	lyrový, laserově svařovaný
materiál přípojovacích trubek	měď
rozměr přípojovacích trubek	4 x Ø 22 mm x 0,8 mm
materiál trubek absorberu	měď
rozměr trubek absorberu	12 x Ø 8 mm x 0,5 mm
pohltivost slunečního záření	94 ± 2 %
emisivita	5 ± 2 %
maximální pracovní tlak	10 bar
maximální pracovní teplota	120°C
stagnační teplota	234 °C
teplonosná kapalina (složení; objem)	vodní roztok monopropylenglykolu 1:1; 1,7 l
doporučený průtok	60 – 120 l/h
Tepelná izolace	
materiál izolace	minerální vlna
tloušťka izolace	40 mm
Rám	
materiál rámu	hliníková slitina
barva rámu	stříbrná
zadní plech	hliníková slitina, tl. 0,5 mm
Koeficienty účinnost na plochu apertury / absorberu	
η_{0a}	0,759 / 0,794
a_{1a}	3,48 / 3,639 W/m ² K
a_{2a}	0,0161 / 0,0168 W/(m ² K ²)

Příloha 2 Technický list příslušenství z akční nabídky



INFORMAČNÍ LIST

v1.2.0_03/2016

str. 1/1

Solární sestava SOL 300/1

Objednací kód sestavy: 14284

Prvky sestavy:

- Sluneční kolektory KPG1+
- Solární zásobník RDC300
- Solární čerpadlová skupina se solárním regulátorem STDC
- Expanzní nádoba s příslušenstvím
- Termostatický směšovací ventil TV
- Solární kapalina Solarten

Informační list výrobku o spotřebě elektrické energie:

Sluneční kolektory:

Plocha apertury kolektorů	A_K	4,78 m ²
Účinnost při nulové ztrátě	η_{0a}	0,786
Koeficient prvního řádu	a_{1a}	3,747 W/m ² K
Koeficient druhého řádu	a_{2a}	0,005 W/m ² K ²
Modifikátor úhlu dopadu	$K_{\Theta 50^\circ}$	0,918

Solární zásobník:

Užitný objem	V	292 l
Stálá ztráta	S	83 W
Třída energetické účinnosti ohřevu vody	-	C

Roční nesolární tepelný přínos:

Zátěžový profil	M	L	XL	XXL
Q_{nonsol} [kWh]	893	1 402	2 521	3 586

Solární čerpadlová skupina s regulací:

Spotřeba elektrické energie čerpadla	$P_{sol,pum}$	22 W
Spotřeba elektrické energie v pohotovostním režimu	$P_{sol,standby}$	1,5 W
Spotřeba pomocné el. energie	Q_{aux}	57 kWh/rok

Příloha 3 Výsledky z programu od pana doc. Ing. Tomáše Matušky, Ph.D.

Počet osob	4 os	Teplotná ztráta	10 kW	Vnější zakrývaný	
Potřeba teplé vody	50 l/os.d	Návrhová vnitřní teplota	20 °C	Plocha bazénu	12,5 m ²
Teplota SV	10 °C	Návrhová venk. teplota	-12 °C	Provozní doba	12 h/den
Teplota TV	60 °C	Teplota přívodní vody	35 °C	Teplota vody (den)	28 °C
Letní snížení potřeby	15 %	Přirážka na ztráty	5 %	Teplota vzduchu (den)	28 °C
Přirážka na ztráty	30 %	Korekční součinitel	0,75	Teplota vody (noc)	24 °C
Centrální zásobníkový ohřev		Běžný standard		Teplota vzduchu (noc)	20 °C
				Počet návštěvníků	120 os/m

Specifikace solárního kolektoru a solární soustavy

Druh:	plochý	Typ:	Buderus SKN 4.0
Optická účinnost η_0	0,794	Příprava teplé vody	
Koeficient ztráty a_1	3,639 W/m ² K	Střední denní teplota v solárních kolektorech	44 °C
Koeficient ztráty a_2	0,017 W/m ² K ²	Srážka z tepelných zisků vlivem tepelných ztrát	20 %
Vztažná plocha kolektoru	2,31 m ²	Plocha apertury kolektoru	2,39 m ²
Počet kolektorů	4 ks	Sklon kolektorů	45°
Plocha kolektorového pole	9,2 m ²	Azimut kolektorů	45°

Výsledky výpočtu PŘEPOČET HODNOTA KONTROLA

Měsíc	t_{se} °C	G_m W/m ²	H_T kWh/m ²	η_k -	Q_D MWh	$Q_{k,u}$ MWh	Q_{ssu} MWh
Led	1,8	336	31	0,25	0,47	0,05	0,05
Úno	2,7	403	49	0,35	0,42	0,11	0,11
Bře	6,3	460	84	0,45	0,47	0,25	0,25
Dub	10,7	473	121	0,50	0,45	0,40	0,40
Kvě	16,0	480	144	0,56	0,47	0,53	0,47
Čer	18,6	481	138	0,58	0,45	0,53	0,45
Čvc	20,5	475	135	0,60	0,40	0,54	0,40
Srp	21,1	468	140	0,60	0,40	0,56	0,40
Zář	17,1	453	95	0,55	0,45	0,35	0,35
Říj	11,7	410	74	0,47	0,47	0,23	0,23
Lis	6,4	346	38	0,33	0,45	0,08	0,08
Pro	3,6	308	25	0,23	0,47	0,04	0,04
Celkem			1073		5,38		3,23

Souhrnné výsledky

Energetický zisk soustavy	3,23 MWh/rok
Měrný solární zisk	338 kWh/m ² .rok
Solární pokrytí	60,1 %

